

**Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
"Національний гірничий університет"**

**Механіко-машинобудівний факультет**  
(факультет)

**Кафедра Збагачення корисних копалин**  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
дипломної роботи**

**галузь знань** 18 Виробництво та технології  
(шифр і назва галузі знань)

**спеціальність** 184 Гірництво  
(код і назва спеціальності)

**спеціалізація** Збагачення корисних копалин  
( назва спеціалізації)

**освітній рівень** магістр  
(назва освітнього рівня)

**Кваліфікація** 2147.2 Інженер – технолог (гірничий)  
(код і назва кваліфікації)

**на тему:** « Синтез технології збагачення магнетитових руд пачки K<sub>2</sub> »

**Виконавець:**

**студент\_6\_курсу, групи 184м – 16 – 2ммф**

**Завгородній Артем Віталійович**

(підпис)

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
<b>роботи</b>			
<b>розділів:</b>			
Технологічний	проф. Младецький І.К.		
Спецрозділ	проф. Младецький І.К.		
Охорона праці	проф. Чеберячко С.І.		

<b>Рецензент</b>			
------------------	--	--	--

<b>Нормоконтроль</b>	доц. Левченко К.А.		
----------------------	--------------------	--	--

**Дніпро  
2018**

**Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
"Національний гірничий університет"**

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
Збагачення корисних копалин  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Левченко К.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 року

**ЗАВДАННЯ**  
на виконання кваліфікаційної роботи магістра  
спеціальності \_\_\_\_\_ 184 Гірництво \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціальності)  
спеціалізації \_\_\_\_\_ Збагачення корисних копалин \_\_\_\_\_

студенту \_\_\_\_\_ 184м – 16 – 2ММФ Завгородній А. В.  
(група) (прізвище та ініціали)

Тема дипломної роботи:

« Синтез технології збагачення магнетитових руд пачки  $K_2^2$  »

### 1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від 06.12.2017 р. № 2015- л

### 2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень Залізна руда пачки  $K_2^2$

Предмет досліджень Технологія переробки залізної руди пачки  $K_2^2$

Мета НДР \_\_\_\_\_ Визначення потрібної крупності помолу вищезазначеної руди \_\_\_\_\_

Вихідні дані для проведення роботи \_\_\_\_\_

Матеріали перед дипломної практики \_\_\_\_\_

### 3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна \_\_\_\_\_ Принципова схема збагачення вищезазначеної руди

Практична цінність \_\_\_\_\_ Принципова схема збагачення

**4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

\_\_\_\_\_ немає \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ**

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Технологічний	01.10.17 ... 31.10.17
Спеціальна частина	01.11.17 ... 30.11.17
Охорона праці	01.12.17 ... 31.12.17

**6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ**

Економічний ефект\_

•\_\_

Соціальний ефект очікується розробка Єристовського родовища

**7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ**


---



---



---



---



---



---

Завдання видав

\_\_\_\_\_ (підпис)

Младецький І.К.  
(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ (підпис)

Завгородній А. В.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_ 01.10.2017р. \_\_\_\_\_

Термін подання дипломної роботи до ЕК 20 січня 2018 року

### ***РЕФЕРАТ***

Пояснювальна записка: 47 с., 3 мал., 4 таблиці., 4 джерела.

Об'єкт дослідження : залізна руда пачки K22, Єристовського родовища.

Предмет дослідження : технологія переробки залізної руди пачки K22.

Метою дипломного проекту є визначення потрібної крупності помолу для руди пачки K22 Єристовського родовища, збагачуваною на Полтавському комбінаті, для отримання якіснішого концентрату.

У технологічному розділі параметри руди пачки K22, зроблений розрахунок і вибір необхідного устаткування. Представлена нова, актуальніша схема дозбагачення, для підвищення якості концентрату.

У розділі «Охорона праці» розроблені заходи по техніці безпеки для безпечної експлуатації устаткування на виробництві.

ЗБАГАЧЕННЯ У ВАЖКОМУ СЕРЕДОВИЩІ, ГІДРОЦИКЛОН, ПОДРІБНЕННЯ, МАГНЕТИТ, ВАЖКА, ЛЕГКА ФРАКЦІЯ.

## Зміст

Вступ.....	7
<b>1 СУЧАСНИЙ СТАН ЄРИСТІВСЬКОГО РОДОВИЩА.....</b>	<b>9</b>
1.1 Характеристика сировинної бази .....	9
1.2 Короткий опис застосовуваної технології отримання залізорудного концентрату .....	10
1.2.1 Характеристика основного виробничого ділянки (ОПУ-2) .....	10
1.2.2 Подрібнення і класифікація на секціях № 1-8 .....	11
1.2.3 Процес класифікації в гідроциклонах ГЦ-500 (ГЦ-650, 350) на секціях № 1-8 .....	14
1.2.4 Мокра магнітна сепарація (ММС) на секціях № 1-8 .....	14
1.2.5 Магнітно - гідравлічна сепарація (МГС) на секціях № 1-8 .....	16
1.2.6 Магнітна класифікація (МК) на секціях № 4-8 .....	17
<b>2. ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЗАЛІЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТУ .....</b>	<b>19</b>
2.1 Аналітичне визначення збагачуваності вкраплень руди Єристівського родовища марки К22 при її збагаченні .....	19
2.2. Характеристика струменевого млини CGS .....	31
3. Загальні вимоги з охорони праці .....	32
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів .....	33
3.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці .....	37
3.2.1 Характеристика виробничого приміщення та розміщення в ньому машин згідно з будівельними нормами і правилами безпеки .....	37
3.2.2 Заходи, що забезпечують оптимальні тепловологостних умови у виробничому приміщенні .....	39
3.2.3 Заходи та технічні засоби п про забезпечення безпеки .....	41
3.2.4 Заходи для безпечної роботи з млинами .....	42
3.2.5 Індивідуальні засоби захисту .....	43
3.2.6 Протипожежна безпека .....	44
3.2.7 Температура повітря .....	44
3.2.8 Вологість повітря .....	45
3.2.9 Рух повітря .....	45
3.2.10 Захист атмосфери .....	45
<b>ВИСНОВОК .....</b>	<b>46</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>47</b>

## ВВЕДЕННЯ

### *Актуальність:*

При збагаченні руди пачки  $K^2_2$ , що видобувається в Полтавській області на території Кременчуцької магнітної аномалії, а саме Єристівського родовища, виникають проблеми з дозбагаченням, так як руда є важкозбагачуваною. В останній стадії руда подається на МГС, після чого отримуємо хвости і готовий концентрат. У хвостах міститься велика кількість зростків.

### *Мета дослідження:*

Дорозкриття зростків, що знаходяться в хвостах і наступне вилучення рудних зерен в концентрат, таким чином знизивши втрати в хвостах.

### *Завдання:*

- дослідження технологічної схеми для збагачення руд пачки  $K^2_2$ ;
- дослідження показників даної схеми і аналіз цих показників;
- розробка методу, для зменшення втрат в хвостах;
- розробка технологічних рішень щодо вдосконалення схеми збагачення вищенаведеної руди.

*Об'єкт дослідження:* Залізна руда пачки  $K^2_2$ .

*Предмет дослідження* Технологія переробки залізної руди пачки  $K^2_2$ .

*Методи дослідження:* аналітичний.

*Ідея:* підвищення якості концентрату даної руди

*Наукова новизна:* знайдений «алгоритм пошуку необхідної крупності помолу».

*Практична цінність:* можливість використання Єристівського родовища в практичних цілях.

# 1.КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ЄРИСТІВСЬКОГО РОДОВИЩА

## 1.1 Характеристика сировинної бази

Родовище залізистих кварцитів Єристівського ГЗК знаходиться в сприятливих гірничо-геологічних і економічних умовах для комплексного використання всіх видобуваються рудних і нерудних корисних копалин. Кременчуцька магнітна аномалія була відкрита в 1930 році відомим ленінградським геологом і геофізиком Андрієм Строна.

До складу аномалії входять дев'ять родовищ: Горішне- Плавнінського, Лавриківського, Єристовське, Біланівське, Галещинське, Васильевское, Харченковское, Мануйлівська, Броварковское. Єристовське родовище залізистих кварцитів розташоване в південній частині Кременчуцької магнітної аномалії, між Лавриківського і Біланівське залізорудними родовищами, на території Кременчуцького району Полтавської області. Протяжність родовища 4,8 км, ширина-300 700 м. Залізисті породи на родовищі представлені трьома підсвіта – підсвіта  $K^3_2$ ,  $K^2_2$  і підсвіта  $K^5_2$ . Найбільша з них поклад підсвіти  $K^5_2$ . Хімічний склад вихідної руди визначається масовою часткою  $[Fe]$  (заг.) 32,2% і  $[Fe]$  (магн.) 27,1%, що відповідає  $FeO$  - 14,8% і  $[Fe] \_ (2) O\_3$  - 29,6%. Проба характеризується високим вмістом  $[SiO] \_2$  - 45,6%, а також  $MgO$  - 3,80% і  $[Al] \_2 O_3$  - 1,12%. Масова частка лугів  $K\_2 O$  і  $[Na] \_2 O$  не перевищує 0,194 і 0,207% відповідно. Вміст сірки і фосфору становить 0,115 і 0,140%, відповідно  $S\_ (заг.)$  і  $P\_2 O\_5$ . Втрати при прокалюванні - 2,89%. За текстурно- структурними особливостями залізисті кварцити Єристівського родовища відносяться до тонко і дрібнозернистим, тонко і середньо шаруватим породам. Для них характерне чергування рудних, змішаних і нерудних шарів. Рудні шари, переважно кварц магнетитового складу (75-95% магнетитового). Потужність рудних шарів змінюється від 0,2 до 2,5 мм,

пре-володіють 0,55-0,9 мм. Змішані шари, в яких концентрація рудного мінералу близько 40-50%, характеризуються потужністю від 0,45 до 5 мм, переважають 1,1-1,5 мм. Нерудні шари характеризуються кварцовим і сілікат- кварцовим складом. Кількість рудного мінералу в нерудних шарах не перевищує 10%. Потужність шарів коливається в межах 0,15-9,5 мм, переважна - 0,8-1,8 мм.

## **1.2. Короткий опис застосовуваної технології отримання залізорудного концентрату**

### **1.2.1 Характеристика основного виробничого ділянки (ОПУ-2)**

Технологічні секції, ВАТ «Полтавський ГЗК», № 1-8 ОПУ-2 переробляють куммінгтоніто- магнетитові кварцити руди пачки K22, K23 і руду залізну пачки K25 ТОВ «Єристівський гірничо-збагачувальний комбінат» Основним видом продукції збагачувальної фабрики є залізорудний концентрат, до складу якого входять мінерали: магнетит, сидерит, гематит, кремній, кальцій, і силікати. Технологічна схема секцій № 1-8 включає: 4-х стадіальне подрібнення роздробленої руди, яке відбувається послідовно в комплексі агрегатів: стрижнева млин, двох спіральний класифікатор з кульової млином і дві кульові млини з гідроциклонами першого, другого прийому. Доїзмелювання зливу класифікатора в кульової млині, що працює в замкнутому циклі з гідроциклонами ГЦ-500 (секція 2-5,7,8), ГЦ-650 (секція 1,6) першого прийому, дозволяє отримати продукт з вмістом (65-75)% класу крупності мінус 44 мкм. Збагачення зливу гідроциклонов ГЦ-500, ГЦ-650 першого прийому відбувається в операції мокрої магнітної сепарації з попередніми обесшламлювання в першому прийомі магнітно-гідравлічної сепарації (МГС). Продуктами збагачення є магнітний продукт і відвальні хвости. Доїзмелювання магнітного продукту мокрої магнітної сепарації проводиться в кульовий млині, що працює в замкнутому циклі з гідроциклонами ГЦ-350 другого прийому, що дозволяє отримати продукт з вмістом (89,0-92,0)% класу крупності мінус 44 мкм. Поділ зливу



гидроциклонов ГЦ-350 другого прийому секцій № 4 - 8 по крупності і магнітними властивостями проводиться в магнітному класифікаторі (МК), з попередніми обесшламлювання в другому прийомі магнітно гідравлічної сепарації (МГС). Продуктами поділу є слив магнітного класифікатора, що повертається на обесшламлювання в магнітно гідравлічний сепаратор першого прийому і піски магнітного класифікатора. Збагачення в заключній стадії магнітної сепарації проводиться з попередніми обесшламлювання пісків МК і подальшим обесшламлювання концентрату в МГС.

### **1.2.2 Подрібнення і класифікація на секціях № 1 8**

Дроблена руда через підбункерного телескопічні живильники (в роботі повинно бути не менше 3-х живильників для усунення сегрегації руди по крупності) по конвеєру надходить в стрижневу млин 1-й стадії подрібнення МСЦ - 3 , 6 x 5,5 (5,7 секції) і МСЦ-3.85 \* 5.5 (1 - 4,6,8 секції). Контроль маси руди, що надходить в стрижневу млин, проводиться шляхом зважування її на тензометричних конвеєрних вагах ВЕР10-250. Стержневая завантаження млинів МСЦ 3,6 \* 5,5 і МСЦ 3,85 \* 5,5 становить 40% від обсягу млинів, маса стрижнів в млинах МСЦ 3,6 \* 5,5 - 120 т., Маса стрижнів в млинах МСЦ 3 , 85 \* 5,5 - 130 т. Діаметр завантажуються стрижнів 100 мм, довжина 5400 мм. Перекласифікація стрижнів в млині проводиться один раз в десять діб. Довантаження стрижнів проводиться через кожні 5 діб роботи секцій. Витрата стрижнів в одну довантаження - 20 т (з розрахунку 2,757 т на добу на млин). Питома витрата стрижнів становить - 1,135 кг / т виробленого концентрату 0,531 кг / т руди. Щільність пульпи в розвантаженні стрижневих млинів підтримується (2,50 - 2,60) кг / л, що відповідає (84-86)% твердого. Для підтримки заданого значення щільності пульпи в розвантаженні стрижневих млинів (% твердого) підтримується в автоматичному режимі кількість води, що подається в млини, використовуються при цьому витратоміри води. Злив стрижневий млини надходить в двухспіральної класифікатор 2КСН-30, що працює в замкнутому циклі з кульової млином МШР 4,0 x 5,0 (5, 7 секції) і МШР 4,43 x

5,01 (1 - 4,6,8- а секції). Вихідним продуктом для неї є піски класифікатора, при цьому продуктивність млина залежить циркуляційної навантаження, яка не повинна перевищувати 500% і в середньому становить (250 - 350)%. Кульова завантаження млинів другої стадії подрібнення МШР 4,0 \* 5,0 (5 - 8- а секції) становить 45% від обсягу, маса куль - до 120 т. Кульова завантаження млинів МШР 4,43 x 5,01 (1 - 4 , 6, 8-а секції) становить 45% від обсягу, маса куль - до 130 т. Діаметр довантажувати куль 100 мм. Довантаження куль в млини МШР 4,0 x 5,0 і МШР 4,43 x 5,01 проводиться з розрахунку 1,173 кг / т виробленого секцією концентрату (0,549 кг / т переробленої секцією руди) або 3.215 т на добу на одну млин. Щільність пульпи в розвантаженні кульових млинів другої стадії підтримується (2,35 - 2,45) кг / л, що відповідає (82-84)% твердого. Обсяг заповнення млинів тілами, що мелють технологічних секцій проводиться при зупинених млинах під час проведення планово-попереджувальних ремонтів, для визначення обсягу заповнення млинів тілами, що мелють ремонтним персоналом розкривається монтажний люк млинів. Регулювання щільності зливу пульпи класифікаторів здійснюється шляхом здачі до каналу разгрузок млинів першої та другої стадій подрібнення. Щільність пульпи зливу класифікаторів становить (1,5 - 1,7) кг / л (48-58% твердого), що дозволяє отримувати продукт з вмістом (45 - 55)% класу крупності мінус 74 мкм. Млини МШЦ 4,0 x 5,5 третьої стадій подрібнення працюють в замкну-те циклі з гідроциклонами ГЦ-500,650. Млини МШЦ 4,0 x 5,5 четвертої стадії подрібнення працюють в замкнутому циклі з гідроциклонами ГЦ-350. Продуктивність млинів залежить від циркуляційних навантажень. Циркуляційна навантаження для третьої стадії подрібнення становить (250-300)%, для четвертої стадії подрібнення становить (200 - 250)%. Кульова завантаження млинів третьої і четвертої стадій становить 40% від обсягу внутрімельнічного простору. Маса тіл, що мелють в млинах третьої і четвертої стадій підтримується на рівні 120 т. Завантаження тіл, що мелють проводиться один раз на добу в кількості 6,0 т з розрахунку 0,874 кг / т

виробленого секцією концентрату (0,409 кг/т переробленої секцією руди) для третьої стадії і виробленого секцією в кількості 4,5 т з розрахунку 0,680 кг/т концентрату (0,318 кг / т переробленої секцією руди) для четвертої стадії. Діаметр куль для третьої стадії подрібнення 60 мм, розмір параболічних тел для четвертої стадії подрібнення 27 x 32 мм. Обсяг заповнення млинів тілами, що мелють проводиться при зупинених млинах під час проведення планово-попереджувальних ремонтів. Щільність пульпи зливу млинів третьої стадії подрібнення становить (2,00 - 2,30) кг/л, (72 - 78% твердого), з вмістом класу крупності мінус 44 мкм (25-30)%. Щільність пульпи зливу млинів четвертої стадії подрібнення становить (2,00 - 2,20) кг/л, (72 - 76% твердого), з вмістом класу крупності мінус 44 мкм (55-65)%.

### **1.2.3 Процес класифікації в гідроциклонах ГЦ-500 (ГЦ-650, 350) на секціях № 1- 8**

Вихідним продуктом харчування гідроциклонов ГЦ-500,650 першого прийому є слив класифікаторів і слив кульових млини МШЦ 4,0 x 5,5 третьої стадії подрібнення. Ці продукти з додатковою водою подаються в технологічні зумпфи №1. Рівні пульпи в зумпфах підтримуються постійними до двох метрів. Подача харчування на гідроциклони з технологічних зумпфів проводиться насосами XR-350, ГРК 1600/50. Вихідним продуктом для гідроциклонов ГЦ-350 другого прийому є промислові продукти другій стадії магнітної сепарації і слив кульових млинів МШЦ 4,0 x 5,5 четвертої стадії подрібнення. Ці продукти з додатковою водою подаються в технологічні зумпфи № 2. Рівні пульпи в зумпфах підтримуються постійними до двох метрів. Подача харчування на гідроциклони з технологічних зумпфів проводиться насосами ГРК 1600/50, MR-350. Щільність харчування гідроциклонов (1,30 - 1,37) кг/л. Щільність зливу гідроциклонов ГЦ-500 першого прийому (1,10 - 1,20) кг/л, (12 - 25% твердого). Щільність зливу гідроциклонов ГЦ-350 (1,05 - 1,10) кг/л, (7 - 13% твердого). Вміст класу

крупності мінус 44 мкм в зливні гідроциклонів ГЦ-500, 650 першого прийому (65 - 75)%; вміст класу крупності мінус 44 мкм в зливні гідроциклонів другого прийому, ГЦ-350 (89,0 - 92,0)%.

#### **1.2.4 Мокра магнітна сепарація (ММС) на секціях № 1-8**

Збагачення мокрою магнітною сепарацією проводиться в двох стадіях. Харчуванням першої стадії магнітної сепарації секцій 1-8 є піски магнітних Гідросепаратори першого прийому; харчуванням другій стадії магнітних сепарації є піски МГС третього прийому. Піски МГС розподіляються на сепаратори через пульподелітелі, в які подається вода для регулювання щільності харчування сепараторів. На другій стадії магнітної сепарації відбувається збагачення пісків МГС на однобарабанних сепараторах ПБМ 150x200 з отриманням промпродукту першої стадії магнітної сепарації і відвальних хвостів. Масова частка заліза в промпродуктов першої стадії магнітної сепарації повинна відповідати (50 - 55)%. Збагачення на третій стадії магнітної сепарації проводиться на шести трьох барабанних сепараторах ПБМ 90 x 250 ПП з отриманням кінцевого продукту другої стадії сепарації і хвостів. Хвости першого і другого барабанів направляються в пульподелітель першого прийому магнітної гідросепарації, а хвости третє барабанів, направляються в другій технологічний зумпф. Засувки додаткової води в ванни магнітних сепараторів повинна бути максимально відкриті. Вода на сепаратори повинна подаватися рівномірно на кожен магнітний сепаратор. Вода на бризгали сепараторів повинна бути рівномірно розподілена по довжині барабана і на кожен барабан сепаратора. Сепараторник не повинен допускати замулення та засмічення прийомних коробок і ванн магнітних сепараторів, при виявленні замулювання і засмічення прийомних коробок і ванн магнітних сепараторів Сепараторник повинен усунути вказане невідповідність. Масова частка заліза в кінцевому концентраті технологічної схеми секцій № 1-8 повинна бути не менше 59,7%

при переробці руди  $K_2^3$ , не менше 60,3% при переробці руди  $K_2^5$  (або відповідати виробничим завданням на поточний календарний період при переробці шихти з руд  $K_2^2$ ,  $K_2^5$  і  $K_2^3$ ) з вмістом (89,0 - 92,0%) масової частки класу мінус 44 мкм. Для досягнення необхідних показників якості, на першій стадії магнітної сепарації в роботі необхідно підтримувати п'ять магнітних сепараторів (один магнітний сепаратор може перебувати в ремонті), на другій стадії магнітної сепарації в роботі необхідно підтримувати п'ять магнітних сепараторів (один магнітний сепаратор може перебувати в ремонті). У разі аварійної зупинки сепараторів, Сепараторник повинен негайно перекрити подачу вихідного харчування на який зупинився сепаратор і повідомити про аварійну зупинку сепаратора оператору пульта управління фабрики для усунення несправності.

### **1.2.5 Магнітно- гідравлічна сепарація (МГС) на секціях № 1-8**

Вихідним продуктом магнітної гідросепарації першого прийому є слив гідроциклонов ГЦ-500, 650 першого прийому, слив магнітних класифікаторів (МК сек 4-8) і хвосты третій стадії магнітної сепарації. Харчуванням гідросепарації (МГС) другого прийому є: слив гідроциклонов ГЦ-350 другого прийому. Харчуванням гідросепарації (МГС) третього прийому - піски магнітного класифікатора (МК); харчуванням гідросепарації (МГС) четвертого прийому - промислового продукту третьої стадії магнітної сепарації. Пульпа при вході в МГС проходить через намагнічуючі апарати, що сприяє флокуляції магнітних частинок і збільшує швидкість їх осадження. Індукція магнітного поля в намагнічують апаратах повинна відповідати (30-40) кА/м. Щільність харчування МГС повинна відповідати (1,05 - 1,15 кг/л), (до 20,0% твердого). З метою отримання бідних по масовій частці заліза зливів МГС, що йдуть у відвал, необхідно витримувати щільність пісків МГС (1,80 - 2,00 кг/л), (60 - 65% твердого для першого прийому МГС); (1,70 - 1,90 кг/л), (55 - 60% твердого для другого прийому МГС); (1,60 - 1,70 кг/л),

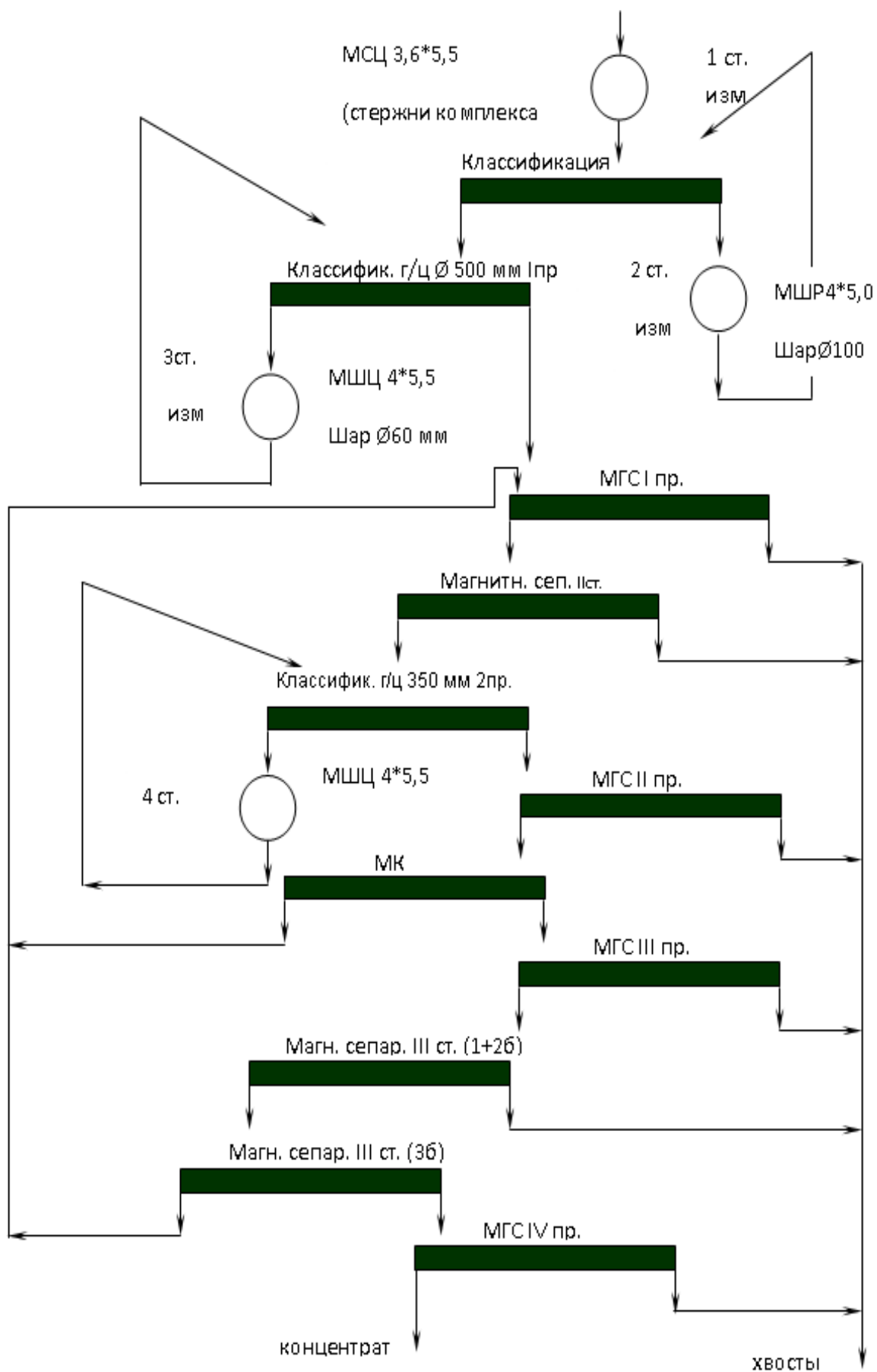
(50 - 56% твердого для третього прийому МГС) і (1,50 - 1,60 кг / л), (42 - 45% твердого для четвертого прийому МГС). Підтримка заданої щільності пісків МГС на секціях № 1-8 здійснюється за допомогою "Автоматичної системи контролю і регулювання рівня магнетиту в дешламатори".

### 1.2.6 Магнітна класифікація (МК) на секціях № 4-8

Вихідним продуктом магнітних класифікаторів (МК) є піски МГС другого прийому. Щільність харчування МК (1,15 - 1,20 кг/л), (17 - 22% твердого). Регулювання щільності харчування здійснюється шляхом здачі води в розподільну коробку МК. Для забезпечення роботи МК необхідно щільність пісків підтримувати (1,35 - 1,45 кг/л), щільність зливу (1,07 - 1,15 кг/л). Дзеркало зливу повинно бути рівномірним, спокійним і рясним. Така технологічна схема забезпечує отримання концентрату з масовою часткою заліза загального 59,7% при переробці руди  $K_2^3$ , з масовою часткою заліза загального не менше 60,3% при переробці руди  $K_2^5$  (або відповідати виробничим завданням на поточний календарний період при переробці шихти з руд  $K_2^2$ ,  $K_2^5$  і  $K_2^3$ ) з вмістом (89,0 - 92,0%) масової частки класу мінус 44 мкм. Допускається зниження масової частки класу мінус 44 мкм до 86% при виробництві окатиші марки «Базові». Подача харчування за операціями здійснюється насосами ГРК 160 / 31,5.

Збагачення руди пачки  $K_2^2$  здійснюється за схемою показаною на рис.

#### 1.2.6.1



Малюнок 1.2.6.1- Технологічна схема збагачення руди пачки  $K_2^2$

## 2. Проблеми та шляхи розвитку технології отримання залізорудних концентратів

Шляхом розвитку технології отримання залізорудних концентратів є проектування збагачувальної технології для глибокого збагачення вкраплених корисних копалин.

### 2.1 Аналітичне визначення збагачуваності вкрапленої руди Єристівського родовища марки $K^2_2$ при її збагаченні

Проектування збагачувальних технологій для глибокого збагачення вкраплених корисних копалин першу чергу вимагає визначення кількості стадій подрібнення. Для цього необхідна оцінка початкового і кінцевого значень крупності частинок руди. Початковим значенням крупності частинок для глибокого збагачення є крупність частинок дрібного дроблення і його оцінка не викликає значних труднощів. Кінцеве значення середньої крупності помолу пов'язують з необхідним значенням якості концентрату. Тому для цього спочатку орієнтуються на середню крупність вкраплення цінного мінералу, а потім експериментальними дослідженнями по обогатимости корисних копалин оцінюють остаточне значення середньої крупності помолу. Всі математичні співвідношення, отримані нами для математичного моделювання наступні:

$$\begin{aligned} V_c &= V_T + V_L \\ P_c &= P_T + P_L \\ \delta_c \cdot V_c &= \delta_T \cdot V_T + \delta_L \cdot V_L \\ \delta_c &= \delta_T \cdot \alpha_0 + \delta_L \cdot (1 - \alpha_0) \\ \delta_c - \delta_T \cdot \alpha_0 - \delta_L + \delta_L \cdot \alpha_0 &= 0 \\ \delta_c - \delta_L &= \alpha_0 \cdot (\delta_T - \delta_L) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
\alpha_0 &= \frac{\delta_c - \delta_l}{\delta_T - \delta_l} \\
\frac{P_c}{\delta_c} &= \frac{P_T}{\delta_T} + \frac{P_l}{\delta_l} \\
\frac{1}{\delta_c} &= \frac{\alpha}{\delta_T} + \frac{1 - \alpha}{\delta_l} \\
\frac{1}{\delta_c} &= \frac{\alpha \cdot \delta_l + \delta_T \cdot (1 - \alpha)}{\delta_T \cdot \delta_l} \\
\delta_T \cdot \delta_l &= \alpha \cdot \delta_l \cdot \delta_c + \delta_T \cdot \delta_c \cdot (1 - \alpha) \\
\delta_T \cdot \delta_l &= \alpha \cdot \delta_l \cdot \delta_c + \delta_T \cdot \delta_c - \delta_T \cdot \delta_c \cdot \alpha \\
\delta_T \cdot \delta_l - \delta_T \cdot \delta_c &= \alpha \cdot (\delta_l \cdot \delta_c - \delta_T \cdot \delta_c) \\
\alpha &= \frac{\delta_T(\delta_l - \delta_c)}{\delta_c(\delta_l - \delta_T)} = \frac{\delta_T \cdot (\delta_c - \delta_l)}{\delta_c \cdot (\delta_T - \delta_l)} \\
\alpha &= \alpha_0 \cdot \frac{\delta_T}{\delta_c} \\
\delta_c &= \frac{\delta_T \cdot \delta_l}{\delta_T - \alpha \cdot (\delta_T - \delta_c)}
\end{aligned}$$

Для використання комп'ютерних технологій по дослідженню збагачуваності руди необхідні функціональні залежності між необхідної кінцевої крупності помолу і параметрами руди, що надходить на збагачення. Дана робота присвячена пошуку згаданої залежності і вирішується за умови, що якість концентрату є заданою величиною  $\beta_{КЗ}$ , а на втрати цінного компонента в хвостах накладено обмеження, що вимагає, щоб втрати цінного компонента в хвостах були б не більше допустимого значення  $vX < vX_{ДОП}$ . Відомою величиною є також середня крупність вкраплення цінного мінералу  $d_{ВК}$  і зміст цінного компонента у вихідній руді  $\alpha_I$ . Пошук залежності, будемо вести на прикладі усереднених показників залізних руд Криворізького залізорудного басейну. В роботі запропонована формула, що дозволяє в деякій мірі прогнозувати якість концентрату  $\beta$ , якщо відомо зміст цінного мінералу у вихідній руді  $\alpha_I$ , показник розкриття  $R$  і показник досконалості технології поділу  $K$ .

$$\beta_K = \alpha_{II} + R \cdot K \cdot (1 - \alpha_{II}) \quad (2.1.1)$$

Коефіцієнти  $K$  і  $R$  залежать від технології переробки корисних копалин і спільно визначають труднощі збагачення корисних копалин. Коефіцієнт  $K$  визначає досконалість поділу, тому пов'язаний з видом сепараційних характеристик апаратів, застосовуваних в технології. Визначимо значення показників, що характеризують технологію збагачення. Показник досконалості технології поділу залежить від застосовуваних сепараторів і технології їх сполуки. Експериментально цей показник може бути визначений за результатами випробування технологічних потоків. Дослідження фракційного складу твердої фази пульпи хвостів і концентрату показало, що розподіл сrostков в цих продуктах мають вигляд, наведений в табл. 2.1.1. Середнє значення виходу концентрату  $\gamma\beta = 0,4$ .

Таблиця 2.1.1- Залежності розподілу зростків в вихідних продуктах збагачувальної фабрики

$\alpha$	0	0,125	0,375	0,625	0,875	1
$F_\beta$	0,01	0,02	0,04	0,09	0,6	1
$F_v$	0,25	0,8	0,9	0,98	0,99	1

Співвідношення між вузькими фракціями в збагаченому продукті має вигляд  $\Delta\gamma_\beta = \Delta F_\beta \cdot \gamma$ , а в обіднілому  $\Delta\gamma_v = \Delta F_v \cdot (1 - \gamma)$ . Баланс вузьких фракція у продуктах розділення  $\Delta\gamma_\alpha = \Delta\gamma_v + \Delta\gamma_\beta$ .

Відповідно до визначення сепарационной характеристики вона являє собою відношення вмісту фракції в концентраті до змісту фракції у вихідному продукті, тобто

$$P = \frac{\Delta\gamma_\beta}{\Delta\gamma_\alpha} = \frac{\Delta F_\beta \cdot \gamma}{\Delta F_\beta \cdot \gamma + \Delta F_v \cdot (1 - \gamma)}. \quad (2.1.2)$$

В результаті отримана сепарації характеристика (табл.2.1.2)

Таблиця 2.1.2- Сепараційний характеристика ТЛО

$\alpha$	0	0,125	0,375	0,625	0,875	1
P	0,024	0,012	0,17	0,29	0,97	0,96

Звідки видно, що вона близька до ідеальної. Тому приймається припущення, що поділ відбувається поступово при значенні  $\alpha = \alpha_I$  і коефіцієнт досконалості технології поділу на цій підставі  $K = 1$ . Таким чином, вихідне вираз (2.1.1) приймає вигляд

$$\beta_{K3} = \alpha_H + R \cdot (1 - \alpha_H). \quad (2.1.3)$$

З останнього співвідношення визначається необхідна розкриття для досягнення бажаного якості концентрату

$$R_T = \frac{\beta_{K3} - \alpha_H}{1 - \alpha_H}. \quad (2.1.4)$$

На підставі вимог до якості концентрату і втрат цінного мінералу в хвостах можна записати

$$\gamma_T = \frac{\alpha_H - v_{ХДОП}}{\beta_{K3} - v_{ХДОП}}. \quad (2.1.5)$$

Показник розкриття може бути виражений через параметри розкриття: відкриті рудні РРЗ і нерудні зерна РНЗ, багаті РНЗ і бідні РНС сростки:

$$R = \frac{P_{P3} + P_{PC} \cdot \alpha_{PC}}{P_{P3} + P_{PC}} - \frac{P_{HC} \cdot \alpha_{HC}}{P_{HC} + P_{H3}} = \alpha_P - \alpha_H \quad (2.1.6)$$

$$\text{где } \alpha_{HC} = \frac{\alpha_H}{2}, \quad \alpha_{PC} = \frac{1 + \alpha_H}{2}.$$

При сформульованих умовах поділу можна припустити, що

$$P_{P3} + P_{PC} = \gamma_T \quad \text{и} \quad P_{HC} + P_{H3} = 1 - \gamma_T, \quad (2.1.7)$$

а також,

$$\alpha_P = \beta_{K3} \quad \text{и} \quad \alpha_H = v_{ХДОП} \quad (2.1.8)$$

Використовуючи співвідношення (2.1.6) ... (2.1.8) маємо

$$\frac{P_{HC} \cdot \alpha_{HC}}{1 - \gamma_T} = v_{\text{ХДОП}},$$

звідки,

$$P_{HC} = \frac{(1 - \gamma_T) \cdot v_{\text{ХДОП}}}{\alpha_{HC}}. \quad (2.1.9)$$

На підставі вимог до якості концентрату маємо:

$$\frac{P_{PЗ} + P_{PC} \cdot \alpha_{PC}}{\gamma_T} = \beta_{KЗ},$$

звідки

$$P_{PC} = \frac{2 \cdot \gamma_T \cdot (1 - \beta_{RЗ})}{1 + \alpha_H}. \quad (2.1.10)$$

Зміст відкритих фракцій складає:

$$P_{PЗ} = \alpha_H - P_{PC}; \quad P_{HЗ} = 1 - \alpha_H - P_{HC}. \quad (2.1.11)$$

Оцінимо чисельно показники розкриття цінного мінералу при таких вихідних даних:

$\alpha_H=0,23$ ;  $\beta_{KЗ}=0,86$ ;  $v_{\text{ХДОП}}=0,03$ ;  $\alpha_{HC}=0,12$ ;  $\alpha_{PC}=0,62$ . Показник розкриття являється наступним:

$$\begin{aligned} R_T &= \frac{0,86 - 0,23}{1 - 0,23} = 0,82; & \gamma_T &= \frac{0,23 - 0,03}{0,86 - 0,03} = 0,24; \\ P_{HC} &= \frac{(1 - 0,24) \cdot 0,03}{0,12} = 0,19; & P_{HЗ} &= 1 - 0,23 - 0,19 = 0,64; \\ P_{PC} &= \frac{2 \cdot 0,24 \cdot (1 - 0,86)}{1 + 0,23} = 0,054; & P_{PЗ} &= 0,23 - 0,054 = 0,176. \end{aligned}$$

Обчислене за цими показниками розкриття дає значення, а за формулою (2.1.4), що становить розбіжність в 2,2%. На цій підставі можна вважати, що методика визначення необхідного розкриття є прийнятною. Далі для визначення необхідної крупності помолу виберемо одне з рівнянь для аналітичного розрахунку параметрів розкриття, наприклад таке:

$$P_{PЗ} = \frac{\alpha_H}{d} \cdot \int_0^d \left(1 - \frac{d}{d_{BK}}\right) \exp\left(-\frac{d}{d}\right) dd$$

і з його допомогою визначимо середню крупність помолу. З цією метою представимо інтегральне вираз кінцевою сумою:

$$P_{P3} = \alpha_H \cdot \sum_{i=1}^k \left(1 - \frac{d}{d_{BK}}\right) \cdot \left(\exp\left(-\frac{d_{i+1}}{d}\right) - \exp\left(-\frac{d_i}{d}\right)\right).$$

Переймаючись значеннями середньої крупності помолу і обчислюючи кількість відкритих рудних зерен, шляхом порівняння його з необхідним, яке обчислено раніше визначимо необхідну крупність помолу руди.

Один з варіантів розрахунку ілюструється таблицею:

di	d/dвк	1- d/dвк	d/dcp	exp(-d/dcp)	Δexp	3*6
1	2	3	4	5	6	7
0	0	1	0	1	0,181269	0,181269
0,0005	0,025	0,975	0,2	0,81873075	0,148411	0,1447
0,001	0,05	0,95	0,4	0,67032005	0,121508	0,115433
0,0015	0,075	0,925	0,6	0,54881164	0,099483	0,092021
0,002	0,1	0,9	0,8	0,44932896	0,08145	0,073305
0,0025	0,125	0,875	1	0,36787944	0,066685	0,05835
0,003	0,15	0,85	1,2	0,30119421	0,054597	0,046408
0,0035	0,175	0,825	1,4	0,24659696	0,0447	0,036878
0,004	0,2	0,8	1,6	0,20189652	0,036598	0,029278
0,0045	0,225	0,775	1,8	0,16529889	0,029964	0,023222
0,005	0,25	0,75	2	0,13533528	0,11702	0,087765
0,01	0,5	0,5	4	0,01831564	0,015837	0,007918
0,015	0,75	0,25	6	0,00247875	0,001978	0,000495
0,019	0,95	0,05	7,6	0,00050045	0,0005	2,5E-05
						$\Sigma_7 = 0,897066$

Прийнявши значення середньої крупності вкраплення

$d_{BK} = 0,02$  мм було отримано: - для,  $PP_3 = 0,21$ ;

Значення змісту відкритих рудних зерен відповідає рішенням задачі. Таким чином, необхідна крупність помолу руди становить  $0,002$  мм. При цьому зміст класу -  $0,024$  мм, становить

$$P_{-0,024} = 1 - \exp\left(-\frac{0,024}{0,002}\right) = 0,999$$

Отже, для отримання необхідних показників якості концентрату необхідно подрібнювати руду, в якій вміст цінного компонента  $40\%$  і вкраплення його  $0,02$  мм до  $99\%$  класу -  $0,024$  мм, що відповідає показникам подрібнення для залізної руди середньої обогатимости.

Насправді сепарації характеристика технологічної чи-ванні збагачення має відхилення від ідеальності. Спробуємо врахувати це при визначенні необхідного розкриття цінного мінералу. Для цього розглянемо один із способів. Параметри підготовки сировини зручно формулювати у вигляді функції розподілу часток цінного і нецінних компонентів -  $F(\alpha)$ . Як відомо, для здійснення вибору параметрів вибирається критерій. Одні з головних властивостей критеріїв досить висока чутливість, особливо в області оптимального значення. Зазвичай, ознакою досягнення оптимального рішення є зміна знака похідної цільової функції. І якщо чутливість критерію досить висока, то похибка рішення буде прийнятною. Для цієї мети може бути прийнятий певний вид сепарационної характеристики. Відповідно з такою характеристикою процес поділу йде так, як потрібно. Таким чином, приймаємо в якості критерію пошуку оптимальної конструкції сепаратора функцію, яка залежить від сепараційних характеристик сепаратора: необхідного виду РТР і деякого поточного виду РТЕК. Для цього підбирають форму кривої  $P(\alpha)$ , наприклад вручну, на підставі власного професіоналізму, досягають заданих показників поділу і в результаті визначають необхідний вид сепарационної характеристики РТР ( $\alpha$ ). Критерій формують в такий спосіб. Припустимо, що необхідний вид

сепарационной характеристики має вигляд, показаний на рис. 2.1.2, крива РТР. Здійснивши вибір конструктивних параметрів сепаратора, з математичної моделі сепарації процесу проводять розрахунок сепарационной характеристики. Припустимо це крива РТЕК1 на рис. 2.1.2. По осі абсцис відкладено зміст цінного мінералу, максимальне значення якого одиничне. Оцінкою досягнення досконалості сепарационного процесу може служити площа SOCT, укладена між кривими РТР і РТЕК. Коли ця площа дорівнює нулю, то процес поділу здійснюється оптимально. Зазвичай прийнято, що максимальне і, як правило, середнє арифметичне значення критерію відповідає найкращому набору параметрів, тому технологічним критерієм вибору досконалої конструкції сепаратора служить вираз:

$$K_{COB} = 1 - S_{OCT} = 1 - \left( \int_0^{\alpha_{II}} P_{TEK1}(\alpha) d\alpha - \int_0^{\alpha_{II}} P_{TP}(\alpha) d\alpha + \int_{\alpha_{II}}^1 P_{TP}(\alpha) d\alpha - \int_{\alpha_{II}}^1 P_{TEK1}(\alpha) d\alpha \right) > 0.$$

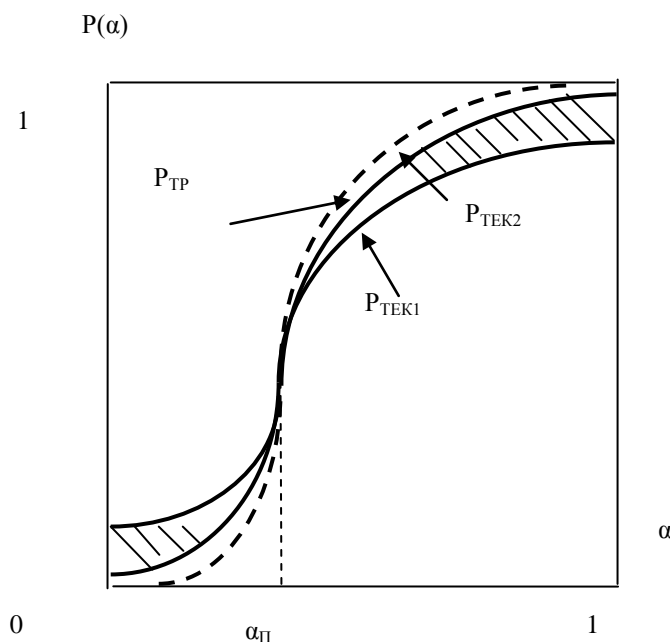


Рисунок. 2.1.2- Схема определения критерия совершенства технологической операции

Якщо сепараційна характеристика прийме вигляд  $P_{TEK2}$ , то критерій буде мати вигляд:

$$K_{COB} = 1 - S_{OCT} = 1 - \left( \int_0^{\alpha_{II}} P_{TEK2}(\alpha) d\alpha - \int_0^{\alpha_{II}} P_{TP}(\alpha) d\alpha + \int_{\alpha_{II}}^1 P_{TP}(\alpha) d\alpha - \int_{\alpha_{II}}^1 P_{TEK2}(\alpha) d\alpha \right) < 0.$$

Так як критерій змінює знак, то необхідний вид сепараційної характеристики є оптимальним.

Таким чином, подальший вибір конструкції сепаратора заключається в тому, що змінюють параметри зони розділення і визначають сепараційну характеристику. Зміна параметрів ведуть в тому напрямку, яке зменшує значення технологічного критерію.

Конструктивні параметри мають певні обмеження, перевищення яких веде до неспроможності конструкції. Тому в процесі пошуку можна вичерпати всі можливості зміни параметрів і не отримати потрібного виду сепараційної характеристики. В цьому випадку слід прийняти конструкцію сепаратора, який має найбільш близьку до потрібної характеристики сепараційну характеристику і приступити до формуванню сепараційної характеристики з допомогою технології з'єднання сепараторів.

Припустимо, що потрібний вид сепараційної характеристики представляє собою ступінчасту функцію з стрибком в точці, відповідній початковому вмісту цінного мінералу  $\alpha_{II}$ . Найбільш ймовірний вид сепараційної характеристики ТЛО можна визначити експериментально за результатами збагачення на схожих технологіях і виконавши усереднення по всім прийнятим до розгляду.



По результатам такого экспериментального исследования «Полтавского ГОКа» получен усредненный вид сепарационной характеристики, приведенный в табл. 2.1.3 .

Таблица 2.1.3- Сепарационная характеристика ТЛО железных руд

$\alpha$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$P(\alpha)$	0	0,05	0,1	0,2	0,4	0,75	0,98	0,99	1	1	1

Критерій досконалості технології збагачення, порахований відповідно до вищенаведеної методикою, склав при цьому

$$K = 0,92.$$

$$\beta_{K3} = \alpha_{II} + K \cdot R \cdot (1 - \alpha_{II}). \quad (2.1.12)$$

З останнього співвідношення визначається необхідна розкриття для досягнення бажаної якості концентрату

$$R_T = \frac{\beta_{K3} - \alpha_{II}}{K \cdot (1 - \alpha_{II})} = \frac{0,86 - 0,23}{0,92 \cdot (1 - 0,23)} = 0,89 \quad (2.1.13)$$

На підставі вимог до якості концентрату і втрат цінного мінералу в хвостах можна записати

$$\gamma_T = \frac{\alpha_{II} - v_{ХДОП}}{\beta_{K3} - v_{ХДОП}} = 0,241 \quad (2.1.14)$$

У результаті такого припущення необхідні показники поділу можуть бути виражені за допомогою співвідношень:

$$\beta_{K3} = \frac{P_{P3} + P_{PC}^1 \cdot \alpha_{PC} + P_{HC}^1 \cdot \alpha_{HC}}{P_{P3} + P_{PC}^1 + P_{HC}^1}, \quad (2.1.15)$$

$$\text{где: } P_{HC}^1 = K_2 \cdot P_{HC}, \quad P_{PC}^1 = K_1 \cdot P_{PC}, \quad P_{P3} = \alpha_{II} - P_{PC};$$

$$v_{ДОП} = \frac{P_{PC}^{11} \cdot \alpha_{PC} + P_{HC}^{11} \cdot \alpha_{HC}}{P_{H3} + P_{PC}^{11} + P_{HC}^{11}}, \quad (2.1.16)$$

$$\text{где } P_{HC}^{11} = (1 - K_2) \cdot P_{HC}, \quad P_{PC}^{11} = (1 - K_1) \cdot P_{PC}, \quad P_{H3} = 1 - \alpha_{II} - P_{HC}.$$

Коефіцієнти  $K_1 = 0,05$  і  $K_2 = 0,95$  визначаються на підставі прийнятої сепараційної характеристики згідно із прийнятим коефіцієнтом досконалості технології  $K_{\text{сов}} = 0,92$ .

Підставляючи в вирази (2.1.15) і (2.1.16) величини, що виражають розкриття, через зміст багатих і бідних зростків, отримуємо нові співвідношення:

$$\nu_{\text{доп}} = \frac{(1-K_1) \cdot P_{PC} \cdot \alpha_{PC} + (1-K_2) \cdot P_{HC} \cdot \alpha_{HC}}{1 - \alpha_{II} - P_{HC} + (1-K_1) \cdot P_{PC} + (1-K_2) \cdot P_{HC}};$$

$$\beta_{K3} = \frac{\alpha_{II} - P_{PC} + K_1 \cdot P_{PC} \cdot \alpha_{PC} + K_2 \cdot P_{HC} \cdot \alpha_{HC}}{\alpha_{II} - P_{PC} + K_1 \cdot P_{PC} + K_2 \cdot P_{HC}}.$$

Виконавши тотожні перетворення даних виразів, і приведення подібних членів, отримуємо систему двох рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} P_{PC} \cdot A_{11} + P_{HC} \cdot A_{12} + B_1 &= 0, \\ P_{PC} \cdot A_{21} + P_{HC} \cdot A_{22} + B_2 &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (2.1.17)$$

$$\text{де: } A_{11} = -1 + K_1 \cdot \alpha_{PC} + \beta_{K3} - K_1 \cdot \beta_{K3},$$

$$A_{12} = -K_2 \cdot \alpha_{HC} - K_2 \cdot \beta_{K3},$$

$$B_1 = \alpha_{II} - \alpha_{II} \cdot \beta_{K3},$$

$$A_{21} = (1 - K_1) \cdot \alpha_{PC} - (1 - K_1) \cdot \nu_{\text{доп}},$$

$$A_{22} = (1 - K_2) \cdot \alpha_{HC} - (1 - K_2) \cdot \nu_{\text{доп}} + \nu_{\text{доп}},$$

$$B_2 = -\nu_{\text{доп}} + \alpha_{II} \cdot \nu_{\text{доп}}.$$

Рішення даної системи для прийнятих раніше числових даних величин, отримані такі необхідні показники розкриття:

$$P_{HC} = 0,015, \quad P_{H3} = 0,585,$$

$$P_{PC} = 0,047; \quad P_{P3} = 0,353.$$

Розкриття при цих показниках становить. Для отримання такого розкриття необхідно вже 99% класу -0,024 мм. Таким чином, похибка в

визначенні необхідного розкриття становить 2%. Похибка в змісті заданого класу крупності також близька до 2%.

Обидві методики визначення необхідної крупності помолу дають задовільні результати. Використання першої методики, простіше і з огляду на знайдену похибка, потрібно отримані результати збільшити на значення похибки в 2,2%. Отже, для отримання необхідних показників якості концентрату необхідно подрібнювати руду, в якій вміст цінного компонента 40% і вкраплення його 0,02 мм до 99% класу - 0,024 мм, що відповідає показникам подрібнення для залізної руди середньої обогатимости. Цього можна досягти за допомогою застосування струменевого млини CGS.

## **2.2. Характеристика струменевого млини CGS**

Загальний опис. Ця високотехнологічна млин призначена для надтонкого через мельченної всіх типів порошкоподібних матеріалів з гарантованим відсутністю будь-якого забруднення продукту. Завдяки особливостям принципу подрібнення продукт перемелюється тільки за рахунок зіткнення частинок між собою. Підведення енергії для подрібнення відбувається за рахунок стисненого повітря. Немає ніякого намолено оснастки. Інтегрований динамічний повітряний класифікатор розміщений в одному корпусі з млином і може бути легко перебудований на необхідну тонину помолу з електронного блоку управління. Це дозволяє отримати будь-яку необхідну тонину помолу і гарантує відмінну відтворюваність якості. Навіть самі тверді продукти не є проблемою для цієї системи. Більш того, млин дозволяє подрібнювати термочутливих або легкоплавкі продукти, такі як віск або парафін в базовій конфігурації в безперервному режимі.

Технічні характеристики:

- Тонина помолу  $d_{97} < 2$  мкм до  $d_{97} 70$  мкм (по вапняку)

- Принцип дії - повітряна струменевий млин з інтегрованим класифікатором для надтонкого подрібнення високо абразивних матеріалів в псевдо зрідженому шарі
- Точне регулювання максимального розміру часток отримуваної фракції в інтегрованому класифікаторі
- ламінарний плин потоку і розширювальні камера зводять до мінімуму знос виходу продукту за рахунок зниження швидкостей частинок
- Ротор класифікатора має внутрішні елементи, забезпечують щире промінь-шую тонину помолу і не заважають роботі з великими фракціями
- Зазор ротора класифікатора має, піддув повітрям виключає потрапляння великих часток в продукт
- Ущільнення валу класифікатора має, піддув виключає попадання матеріалу в підшипники
- Повний самоздрібнювання - немає зносу - немає забруднень
- Нагрівання продукту виключений при використанні холодного газу (20 ° C), можливо подрібнення легкоплавких або термолабільних речовин
- Відчутно менша потужність компресора в порівнянні з аналогами, що мають ті ж параметри
- Ви очайшая дисперсність і відмінна продуктивність при використанні тільки одного класифікатора
- відкидається вузол класифікатора забезпечує простий і швидкий доступ для перевірки, обслуговування або очищення
- Відмінна відтворюваність результатів
- Опції виконання: вибухонепроникна, герметичне, інертне, з футеровкою

### **3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ НА ВАТ «ПОЛТАВСЬКИЙ ГЗК»**

Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат введений в експлуатацію в 1970 році під назвою Дніпровський ГЗК. На ньому добуваються кар'єрним способом магнетитові кварцити з випуском залізрудних окатишів, призначених в чорній металургії і виробництві сталі. До складу комбінату входять такі виробничі об'єкти: кар'єр з видобутку корисних копалин; дві дробильні фабрики; фабрика сухої магнітної сепарації; дві збагачувальні фабрики; дві фабрики огрудкування залізрудного концентрату, цех технологічного автотранспорту, залізничний цех, а також допоміжні: технічного водопостачання і шламового господарства, енергетичний, ремонтно-будівельний та інші об'єкти допоміжного призначення. Основні фабрики по переробці руди знаходяться на центральній проммайданчику комбінату, яка примикає до річкового порту. Проммайданчик комбінату знаходиться на південній стороні кар'єра на відстані 1 км з відмітками 70-73 м вище рівня моря. Електропостачання комбінату здійснюється від системи «Дніпро-енерго». Технічною водою комбінат забезпечується від Дніпродзержинського водосховища, а питної - з артезіанських свердловин.

#### **3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів**

Комплекс збагачення відноситься до підприємств з шкідливими умовами праці. У процесі збагачення руди утворюється пил, що містить двоокис кремнію, гранично- допустима концентрація, якої не повинна перевищувати 2 мг / м<sup>3</sup>. При роботі технологічного обладнання виникає шум, гранично- допустима норма, якого 80 дБ. Допуск сторонніх осіб у виробничі корпуси комплексу збагачення заборонений. До небезпечних факторів належать:

-Вплив електричного струму;

- Обертові частини обладнання;
- грузопод'ємніе механізми в цеху; -отлетающіе частки руди;
- падіння нестійких складованих деталей.

Вплив небезпечних виробничих факторів на організм людини може привести до травми і погіршення здоров'я. Допуск сторонніх осіб у виробничі корпуси комплексу збагачення заборонений. До самостійної роботи в корпусах ОПУ-2, ОПУ-4 ДОФ допускаються особи, які досягли 18-річного віку: - пройшли медогляд; - навчання по професії, які мають свідоцтво по професії;

- навчання та перевірку знань з питань охорони праці та безпечної експлуатації електроустановок в обсязі II кваліфікаційної групи; - які пройшли стажування за спеціально розробленою програмою під керівництвом досвідченого працівника; - пройшли навчання за галузевим і міжгалузевим правилам, що належать до їх функціональних обов'язків; - пройшли перевірку знань і допущені до самостійної роботи розпорядженням по цеху або наказом по комбінату. До самостійної роботи допускаються особи, які досягли 18-річного віку, які отримали професійне навчання за фахом і мають посвідчення за професією, які пройшли попередній медогляд. Працівник зобов'язаний пройти: - вступний інструктаж (при прийомі на комбінат) з питань охорони праці в обсязі вимог програми вступного інструктажу; - первинний інструктаж з охорони праці на робочому місці в цеху; - стажування на робочому місці, під наглядом досвідченого працівника відповідно до індивідуальної програми стажування, для придбання навичок безпечного виконання робіт і обов'язковим проходженням протиаварійного тренування згідно з «Планом ліквідації аварій по ДОФ ПрАТ» Полтавський ГЗК »; - перевірку знань з питань охорони праці в комісії цеху; - отримати допуск до самостійної роботи. Стажування та допуск до самостійної роботи оформляються розпорядженнями по цеху. При допуск до самостійної роботи він повинен мати: - посвідчення за професією; - посвідчення на II групу з електробезпеки; - посвідчення з перевірки знань з питань охорони праці (з

талонами попередження). Працівник, допущений до виконання робіт, зобов'язаний проходити: - не рідше одного разу на рік спецнавчання і перевірку знань з питань охорони праці в цеховій комісії з основної та суміжних професій; - проходити в установленому порядку періодичний медичний огляд; - один раз на рік періодичну перевірку знань в обсязі другої групи з електробезпеки; - повторний інструктаж з охорони праці по основній та суміжними професіями один раз в 3 (три) місяці, на робочому місці з реєстрацією в «Журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці», з питань пожежної безпеки один раз в 3 (три) місяці з реєстрацією в «Журналі реєстрації інструктажів з питань пожежної безпеки». При виконанні робіт працівник повинен завжди мати при собі посвідчення за професією, охорони праці та з електробезпеки. Працівники комплексу збагачення повинні знати і виконувати свої функціональні обов'язки з охорони праці, відповідно до наступних документів: - місцезнаходження засобів надання долікарської допомоги, первинних засобів пожежогасіння, головних і запасних виходів, шляхи евакуації в разі аварії або пожежі; - схеми маршрутів пересування по території комбінату, фабрики, ділянки; - План ліквідації аварій по ДОФ ПрАТ «Полтавський ГЗК». - обов'язки пішоходів та пасажирів відповідно до «Правил дорожнього руху України»; - Закон України «Про охорону праці»; - «Правила внутрішнього трудового розпорядку працівників ПрАТ« Полтавський ГЗК »»; - зобов'язання працівників, Правління та профспілкового комітету з охорони праці, передбачені колективним договором; - Стандарт підприємства «Безпечна організація робіт»; - технологічні карти безпечного виконання робіт; - Стандарт підприємства «Компетентність, підготовленість і обізнаність. Навчання з питань охорони праці»; - Стандарт підприємства «Система управління охороною праці»: - обов'язки робітника з охорони праці; - порядок повідомлення про нещасний випадок; - положення про порядок проведення поведінкового аудиту безпеки праці; - положення щодо виявлення та обліку потенційно-небезпечних місць; - положення щодо

попередження порушень нормативно-правових актів з охорони праці; - «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (ПБЕЕС) в обсязі другої групи з електробезпеки; - «Правила охорони праці при дробленні і сортування, збагачення корисних копалин і огрудкуванні руд і концентратів»; - «Порядок розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру»; - «Порядок проведення розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві»; - інструкцію «Загальні вимоги з охорони праці для працівників комбінату. Надання долікарської допомоги потерпілим не медичними працівниками »; - «Загальну інструкцію з пожежної безпеки ПрАТ« Полтавський ГЗК »; - «Загальну інструкцію з пожежної безпеки для ДОФ ПрАТ« Полтав-ський ГЗК »; - колективний договір; - інші нормативні акти, прийняті на комбінаті. Носіння засобів індивідуального захисту, спецвзуття та спецодягу в корпусах ДОФ є обов'язковою вимогою. У процесі роботи необхідно постійно користуватися засобами індивідуального захисту: - каскою - для захисту голови; - рукавицями і рукавичками гумовими - для захисту рук; - беруші - для захисту органів слуху від впливу шуму; - респіратором - для захисту органів дихання; - захисними окулярами - для захисту очей від впливу пилу, піску, відльоту-чих частинок руди; До виданими для роботи засобів індивідуального захисту необхідно ставитися дбайливо і забезпечити їх збереження. Робочі місця повинні бути освітлені відповідно до діючих норм освітленості. Працівники повинні містити своє робоче місце і передавати змінному працівнику в чистоті, порядку, не допускати захащеності робочих місць і проходів, а також дотримуватися чистоти в цеху і на території комбінату. Запуск обладнання оповіщається за допомогою гучномовного зв'язку, не менше трьох разів, із зазначенням найменування та технологічної нумерації. Ре-гламент запуску обладнання: подається перший звуковий попереджувальний сигнал тривалістю 10 с, після сигналу повинна бути витримка часу 30 с, після чого, пе-ред пуском обладнання, подається другий сигнал тривалістю 30с - відбувається запуск обладнання. У місцях з



підвищеним рівнем шуму повинна також бути передбачена дублююча світлова сигналізація. Перед запуском обладнання перевірити відсутність людей і сторонніх предметів, наявність огорожень на ньому. Забороняється доручати обслуговування обладнання особі, яка не має права на керування цим обладнанням.

### **3.2. Інженерно-технічні заходи з охорони праці**

#### **3.2.1 Характеристика виробничого приміщення та розміщення в ньому машин згідно з будівельними нормами і правилами безпеки**

Виробнича будівля відповідає вимогам, які забезпечують здоров'я і безпечні умови праці. У приміщенні мокрої магнітної сепарації стіни мають водо- та паронепроникні легко відмивається покриття, а підлоги мають водонепроникні і неслизькі покриття; забезпечений природний стік води. Ухил підлоги в приміщенні - 0,02 (1,8°), в місцях розташування магістральних проходів - 0,04 (2,6°), в місцях розташування службових проходів - 0,10 (6°). Згідно будівельним нормам і правилам промислові виробництва з пожежної небезпеки поділяються на п'ять категорій. Приміщення з мокрими процесами збагачення відносяться до категорії Д, як виробництво, пов'язане з обробкою негорючих речовин і матеріалів в холодному стані. Приймаємо I ступінь вогнестійкості будівлі, яка передбачає наступні мінімальні межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій: - вогнетривкі несучі стіни, стіни сходових клітин, колони - межа вогнестійкості 2,5 години; - вогнетривкі плити, настили і інші несучі конструкції між-поверхових і горищних перекриттів - 1 годину; - вогнетривкі внутрішні несучі стіни (перегородки) - 0,5 години; - вогнетривкі плити, настили і інші несучі конструкції покриттів - 0,5 години; - вогнетривкі протипожежні стіни (брандмауери) - 2,5 години. У сходових

клітках сходові майданчики, щаблі й балки виконані вогнетривкими з межею вогнестійкості 1 година. Для попередження виробничого травматизму при обслуговуванні обладнання, останнім розміщено в виробничих приміщеннях відповідно до діючих правил, що забезпечують вільний доступ до обладнання для його обслуговування і ремонту. У відділенні мокрої магнітної сепарації, проходи між стіною і магнітними сепараторами становлять 1 м, між сепараторами - 1,2 м, а магістральні проходи - 1,5 м. Ремонтні майданчики і перехідні містки забезпечені драбинами з поручнями висотою 1 м, з поперечиною на висоті 0,5 м і з суцільною обшивкою знизу на висоту 0,2 м. Майданчики забезпечені драбинами шириною 0,7 м з висотою ступенів 0,25 м.

### **3.2.2 Заходи, що забезпечують оптимальні тепловлажностной умови у виробничому приміщенні**

На мікроклімат виробничого приміщення впливають як зовнішні атмосферні умови, так і безпосередньо технологічний процес. У поняття мікроклімату входить температура повітря, його вологість і швидкість руху. Для створення нормального мікроклімату в відділенні мокрої магнітної сепарації застосовують механічну припливно-витяжну вентиляцію і природне провітрювання. При природній вентиляції повітрообмін здійснюється без витрат механічної енергії. Обмін повітря відбувається під впливом різниці температур, а, отже, різниці тисків повітря всередині приміщення і надходить зовні і під впливом дії на будівлю потоків вітру (вітрове тиск). Повітрообіг здійснюється в заздалегідь заданих параметрах і регулюється відповідно до внутрішніх і зовнішніх умов. Такий організований природний повітрообмін називається аерацією. Для аерації в стінах приміщення зроблені спеціальні отвори розміром 1,2 x 0,5 м, в яких встановлені створні палітурки. У стінах проточні отвори розташовані в два яруси. У теплу пору року служать проточні прорізи першого ярусу,

розташовані на відстані 1,5 м від підлоги. У холодний період року для попередження переохолодження робочих місць зовнішнє повітря випускається через отвори, розташовані на другому ярусі, на відстані 6 м від підлоги. Механічна вентиляція дозволяє обробити повітря, що подається в виробниче приміщення. Його можна нагріти або охолодити, осушити і розподілити по приміщенню так, як цього вимагають виробничі умови. Механічна вентиляція дозволяє регулювати обсяг подаваного, що видаляється і рециркулюемого повітря або зберігати цей обсяг незмінним. Механічна вентиляційна установка включає в себе вентилятор, електродвигун і повітроводи. Вентилятор служить для переміщення повітря і являє собою машину, що створює різницю тисків повітря, під впливом якої повітря переміщається. На ділянці флотації для штучної вентиляції встановлені відцентрові вентилятори ВЦ-4 з діаметром робочого колеса 40 см. Правильне освітлення робочого місця має велике гігієнічне та економічне значення, так як недостатність освітленості є причиною нещасних випадків, негативно впливає на зір робочих, приводячи до захворювання очей, і знижує продуктивність праці. При хорошому освітленні усувається напруга очей, полегшується розпізнавання предметів виробничої діяльності, прискорюється темп роботи і підвищується якість праці. Для створення нормальних умов праці з метою досягнення максимальної продуктивності і забезпечення безпечних умов роботи освітлення виробничих приміщень і робочих місць повинно: - досить і рівномірно висвітлювати працюють машини, окремі предмети і робочі місця; - не викликати сліпучої дії, блескості і зайвої яскравості в поле зору працюючого; - не викликати різких тіней. Приміщення ділянки флотації має як природне освітлення, яке здійснюється через вікна в зовнішніх стінах, так і штучне допомогою електричних ламп. Природне освітлення сонячним світлом незрівнянно ні з яким штучним освітленням, так як крім освітлення сонячне світло сприятливо діє на організм людини. Природне освітлення залежить від цілого ряду чинників: ширини приміщення, розташування вікон і їх розмірів,

якості стекол, географічного положення підприємства. Природна освітленість приміщення визначається коефіцієнтом природної освітленості. Для забезпечення рівномірності розподілу світла, що надходить через вікна, ширина простінків становить 2,0 м, а висота підвіконь - 1,1 м. У процесі експлуатації приміщення світотransпiснa здатність стекол поступово знижується і освітленість приміщення знижується. У зв'язку з цим, для підтримки природного освітлення на певному рівні скла в даному приміщенні слід очищати один раз на рік. Забарвлення внутрішніх поверхонь приміщення і стелі слід проводити в світлі тони, які підсилюють освітленість приміщення. Джерелами світла при штучному освітленні є температурні випромінювачі і люмінесцентні джерела. Застосовується загальне освітлення за допомогою світильників, які складаються з ламп розжарювання, забезпечені освітлювальною арматурою. Норма освітленості даного приміщення становить 150 лк.

### **3.2.3 Заходи та технічні засоби щодо забезпечення безпеки**

Для забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу є захисне заземлення. Воно складається з заземлювача і заземлюючого проводу. Захисне заземлення знизить напругу до безпечної землі, в разі появи його на обладнанні при пошкодженні ізоляції. Для запобігання ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом, дверки, що забезпечують доступ до внутрішніх частин млини, забезпечені блокуванням, що виключає можливість їх відкривання при роботі млина; на робочих місцях передбачені гумові килимки в місцях підвищеної небезпеки, тобто в місцях установки пускорегулювальної апаратури. Пускові пристрої млини змонтовані на панелях і встановлені на такому місці, з якого черговий оператор млина вільно веде спостереження за роботою обслуговується млини. Ремонт млини дозволяється після їх зупинки і відключення електричного струму. Перед ремонтом на пусковому пристрої повинен бути

вивішений плакат «Не включати - працюють люди». Необхідний для обслуговування працюючих млинів інструмент виготовляють з немагнітних матеріалів, щоб уникнути притягнення до магнітної футерування млини.

### **3.2.4 Заходи для безпечної роботи з млинами**

До роботи з млином допускаються особи з числа оперативного персоналу, які мають групу з електробезпеки не нижче III, які вивчили справжню «Інструкцію по експлуатації» і пройшли інструктаж з техніки безпеки з відповідним записом в Журналі обліку перевірки знань інструкцій по ТБ. Оперативне обслуговування млина необхідно проводити строго відповідно до вимог "Галузевих правил з охорони праці (правил безпеки) при експлуатації електроустановок».

Всі особи, які взаємодіють в будь-якій формі з млином, повинні вивчити і керуватися також приводяться нижче правилами: - Забороняється під час роботи обладнання залишати робоче місце або передоручати спостереження за працюючої млином іншій особі, яка не має допуску до роботи з нею.

- Забороняється експлуатувати млин без захисної огорожі.

- Забороняється подрібнювати на млині матеріали, що не мають охарактеризованих властивостей і речовини непередбачуваного або недослідженого поведінки їх при подрібненні в млині. Це може привести до аварійної ситуації і поломки млина.

- Забороняється подрібнення вибухонебезпечних матеріалів.

- Забороняється включати млин при відкритій камері подрібнення.

- Забороняється включати млин при знятих захисних кожухах приводу.

- Забороняється проводити роботи на млині при відключеною зовнішньої вентиляції.

- При роботі в безпосередній близькості з млином необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту від шуму.
- При роботі з млином необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту та спецодяг.
- Перед відкриттям млини необхідно її знеструмити, відключивши від електромережі. При цьому повинні бути виконані всі вимоги "Галузових Правил з охорони праці (правил безпеки) при експлуатації електроустановок».
- Перед відкриттям млини необхідно її охолодити до температури 30-40 градусів. При появі сторонніх звуків, стукоту, диму, запаху або інших ознак ненормальної роботи, при підвищенні вібрації або температури млин необхідно негайно відключити. Повторне включення допускається тільки після з'ясування причин поганої роботи і їх усунення.

### **3.2.5 Індивідуальні засоби захисту**

Для захисту тіла людини від таких шкідливих виробничих факторів як бруд, вода, холод, токсичні речовини, для працівників передбачена видача спецодягу і спецвзуття, а також засобів особистої гігієни (мазі, пасти), які створюють короточасну захист працюючих від дії рідин або парів отруйних речовин. Спецодяг виконана з бавовняної тканини, що оберігає її від забруднення, також для нормальної терморегуляції організму вона виконується повітро-і паронепроникною, і вільним, щоб не заважати руху робітника. Спецодяг окремо виготовляється для чоловіків і для жінок. Робочим ділянки флотації видається спецодяг, передбачена ГОСТом 12.4.043-78, типу А, виконана з лляної тканини. Комплект типу А складається з куртки, напівкомбінезона і засобів захисту голови. У шві з'єднання кокетки зі спинкою і в області пахвових западин - вентиляційні отвори. Як спецвзуття видаються гумові чоботи, передбачені ГОСТом 5375-

79 і захищають робітників, як від води, так і від ураження електричним струмом. Для захисту від ураження електричним струмом ремонтникам видаються діелектричні рукавиці (ТУ 38.106359-79).

### **3.2.6 Протипожежна безпека**

Для ліквідації вогнищ загоряння застосовуються такі засоби пожежогасіння: ящики з піском, внутрішні пожежні крани, забезпечені протипожежним рукавом. Розташовані вони поблизу пожежонебезпечних ділянок виробництва, на увазі. Робочі знають місця їх розміщення. Ящики з піском використовуються для ліквідації починаються пожеж на окремих ділянках. Внутрішній пожежний кран встановлений біля входу в приміщення. При ньому знаходиться викидний рукав довжиною 10 м і стовбур, які розміщуються в спеціальній шафі. Так як будівля має I ступінь вогнестійкості і за пожежною небезпекою відноситься до категорії Д, то для внутрішнього пожежогасіння витрата води на одну пожежу становить 5 л / с. Для гасіння пожеж в електроустановках застосовуються ручні газові вуглекислотні вогнегасники типу ОУ-5, найбільш поширені засоби пожежогасіння, призначені для гасіння невеликих загорянь різних речовин і матеріалів, а також електроустановок, що знаходяться під напругою не більше 380 В. Вогнегасник типу ОУ-5 являє собою сталевий товстостінний балон, заповнений рідкою вуглекислою.

### **3.2.7 Температура повітря**

Температуру повітря в приміщеннях вимірюють ртутними термометрами одночасно в декількох точках, розташування джерел тепла і робочих місць. У холодний період року санітарні норми допускають мати температуру на робочих місцях від +13 до + 22оС. У теплий період року - від

+17 до + 25 ° С. Нормальні температурні умови в цехах підтримують організованою приточно-витяжною вентиляцією як природної, так і з механічним спонуканням.

### **3.2.8 Вологість повітря**

Для визначення відносної вологості повітря використовують прилади - психрометри (психрометри стаціонарний, психрометр аспіраційний). У робочій зоні виробничих приміщень відносна вологість на постійних робочих місцях не більше 80%, незалежно від кількості надлишку явного тепла. У теплий період року при температурі повітря +28 оС відносна вологість повітря в робочій зоні виробничих приміщень 65%, при + 25 ° С - 70%, при + 24оС - 75% і при 23оС - 80%.

### **3.2.9 Рух повітря**

Швидкість руху повітря вимірюють при випробуванні роботи вентилятора. Санітарними нормами допустимо в холодний і перехідні періоди року в робочій зоні виробничих приміщень мати швидкість руху повітря 0,2 м / с при легкій роботі, і 0,3 м / с при роботі середньої тяжкості і важкою. У теплий період року 0,3 м / с при будь-яких умовах роботи.

### **3.2.10 Захист атмосфери**

Джерелами забруднення навколишнього середовища є викиди витяжної вентиляції і автотранспорту. Для очищення повітря від пилу встановлено пиловловлювачі, циклони, які майже на 100% очищають повітря від пилу. На території фабрики з метою поглинання шуму і поліпшення атмосфери створені зелені насадження.



## Висновок

Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок про те, що основним фактором, що впливає на якість концентрату, є ступінь розкриття мінералів. Таким чином, при повному розкритті мінералів з'являється можливість до вилучення цінних компонентів. Досягається таке розкриття більш тонким подрібненням мінеральної сировини ( $-0,024$  мм). Виходячи з цього була запропонована схема до збагачення руди пачки  $K_2^2$ , показана на рис.3

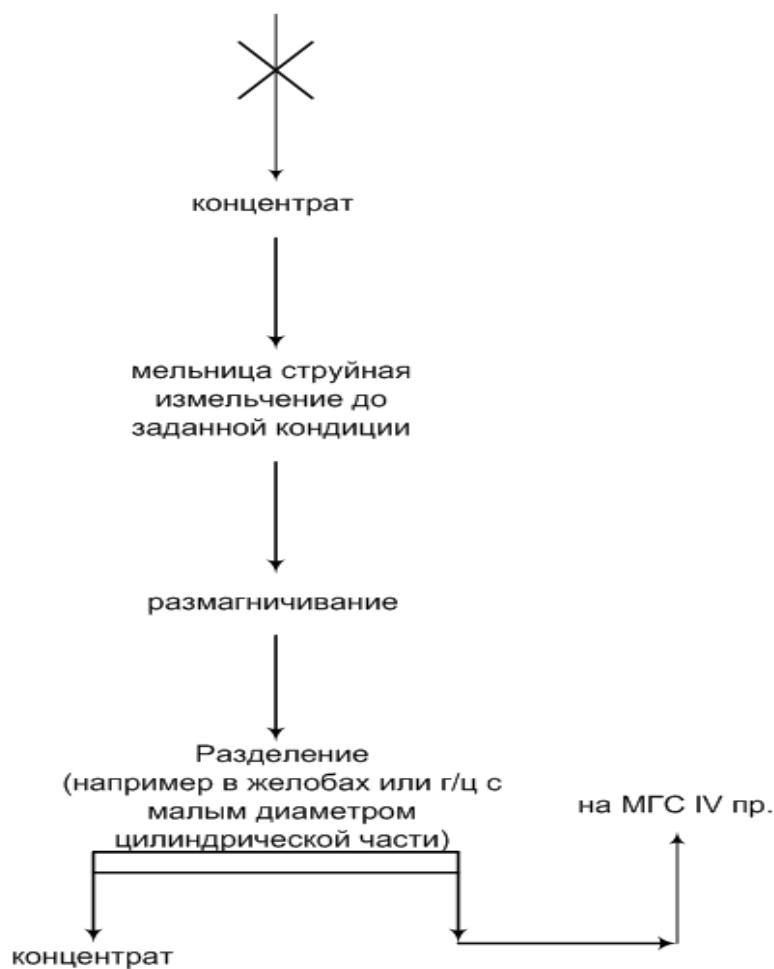


Рисунок 3 Схема до збагачення руди пачки  $K_2^2$

### **Список літератури**

- 1.Справочник по обогащению руд черных металлов / Под ред. С.Ф. Шинкоренко.- М.: «Недра», 1980 – 527 с.
- 2.Справочник по обогащения руд. В 3-х т. / Гл. ред. О.С. Богданов.- М.: «Недра», 1972, 448 с.
- 3.Современные методы магнитного обогащения руд черных металлов / Под. ред. В.И.Кармазин.- М.: «Госгортехиздат»,1962, 658 с.
- 4.Синтез технологий обогащения полезных ископаемых / Под ред. Младецкий И.К.-М.: Национальный горный университет,2006,153 с.